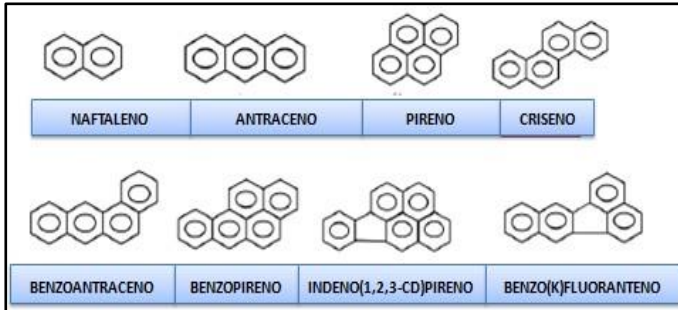


## Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)



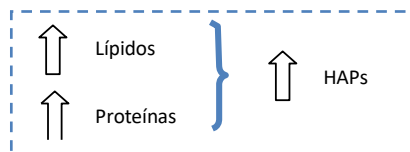
Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) constituyen un conjunto de compuestos químicos formados por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H) que contienen dos o más núcleos aromáticos. Se forman principalmente durante la combustión incompleta o pirólisis de materia orgánica ( $T^{\circ} > 400^{\circ}\text{C}$ ) y se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos.

Los HAPs presentes en los alimentos pueden proceder de la contaminación medioambiental (incendios forestales, actividad volcánica, procesos industriales, calefacciones, generadores, transportes, incineradoras, etc.) y de distintos tratamientos tecnológicos (ahumado) y culinarios (asados, barbacoas, etc.).



Se han identificado distintos factores que condicionan la concentración de HAPs en los alimentos:

- Naturaleza de la fuente de energía utilizada: se generan más HAPs con carbón que si se utiliza una fuente de energía eléctrica.
- Contacto más o menos directo de los alimentos con la fuente de calor. El goteo de la grasa del alimento sobre la fuente de calor y el contacto directo del alimento con las llamas propicia la formación de HAPs.
- Control de la temperatura.
  - $> 300^{\circ}\text{C}$  → Apenas existe formación de HAPs.
  - $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$  → Límite crítico a partir del cual comienzan a formarse HAPs.
- La utilización de parafinas y aceites minerales derivados del petróleo para la lubricación de piezas en contacto con los alimentos aumentan el contenido de HAPs en dichos alimentos.
- Composición nutricional del alimento: cuanto mayor sea el contenido de lípidos y proteínas, mayor cantidad de HAPs se generan.



En el procedimiento de ahumado existen otros factores que también influyen en el contenido de HAPs en los alimentos:

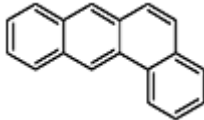
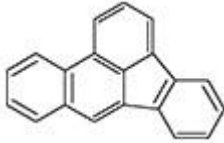
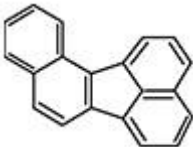
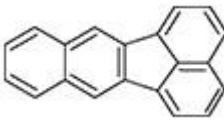
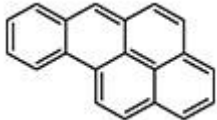
- Tipo de madera utilizada.
- Tipo de humo:
  - Natural: genera más HAPs.
  - Generado: son los denominados "aromas de humo".
- Tipo de ahumado:
  - Directo: genera más HAPs puesto que no existe una filtración del humo previa a su puesta de contacto con el alimento.
  - Indirecto: sí existe un proceso previo de filtrado del humo.
- Condiciones: temperatura, tiempo y humedad.

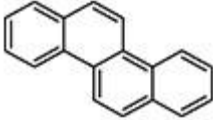
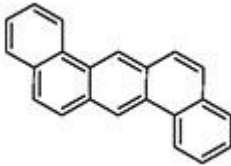
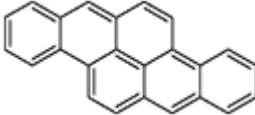
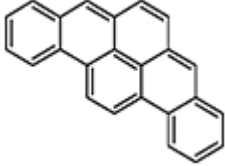
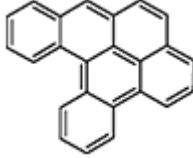
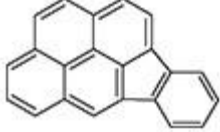
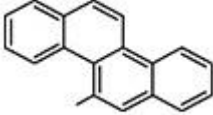


No obstante, existen otras vías de exposición humana, como por ejemplo el tabaco. Si bien el consumo de alimentos constituye la principal vía de exposición a los HAPs en no fumadores, el tabaco representa una vía de exposición significativa en fumadores.

De forma general, los HAPs provocan la aparición de efectos agudos de tipo irritativo por contacto de la piel y los ojos, fallos respiratorios por inhalación y afectación del sistema nervioso. Con respecto a su toxicidad crónica por ingesta a través de la dieta, se deben destacar problemas de coagulación (disminución de plaquetas) y del sistema inmunitario (disminución de leucocitos), así como carcinogénesis en algunos casos. Aunque los efectos de salud causados por cada uno de los HAPs individuales no son exactamente los mismos, los siguientes 15 HAPs presentan actividad genotóxica y mutagénica, considerando necesaria una investigación complementaria sobre los niveles relativos en determinados alimentos: benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, criseno, ciclopenta(c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, dibenzo(a,e)pireno, dibenzo(a,h)pireno, dibenzo(a,i)pireno, dibenzo(a,l)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, 5-metilcriseno. Con excepción del benzo(g,h,i)perileno, ciclopenta(c,d)pireno y dibenzo(a,e)pireno, los 12 HAPs restantes han mostrado una actividad carcinogénica en diversos bioensayos en animales de experimentación. Por este motivo, la IARC los clasificó como agentes carcinógenos para los humanos ([Grupo 1](#)) y probables ([Grupo 2A](#)) o posibles ([Grupo 2B](#)) cancerígenos humanos, tal y como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Clasificación de la IARC de los 12 HAPs más relevantes

Compuesto	Estructura química	Grupo
Benzo(a)antraceno		2B
Benzo(b)fluoranteno		2B
Benzo(j)fluoranteno		2B
Benzo(k)fluoranteno		2B
Benzo(a)pireno		1

Criseno		2B
Dibenzo(a,h)antraceno		2A
Dibenzo(a,h)pireno		2B
Dibenzo(a,i)pireno		2B
Dibenzo(a,l)pireno		2A
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2B
5-metilcriseno		2B

## Evaluación del riesgo

En la [Opinión científica de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria \(EFSA\) de 2008 sobre HAPs en alimentos](#), el Panel de Contaminantes concluyó que el benzo(a)pireno no constituía un buen indicador de la presencia y efecto de los HAPs cancerígenos en alimentos, como se había indicado anteriormente, por lo que en su lugar recomendó el uso de los tres siguientes marcadores:

- La suma de 2 HAPs (**HAP2**): benzo(a)pireno + criseno.
- La suma de 4 HAPs (**HAP4**): benzo(a)antraceno + benzo(b)fluoranteno + benzo(a)pireno + criseno.
- La suma de 8 HAPs (**HAP8**): benzo(a)antraceno + benzo(b)fluoranteno + benzo(k)fluoranteno + benzo(g,h,i)perileno + benzo(a)pireno + criseno + dibenzo(a,h)antraceno + indeno(1,2,3-cd)pireno.



Finalmente, el Panel de Contaminantes concluyó que:

- HAP4 y HAP8 constituían mejores marcadores de la presencia de HAPs en alimentos que el HAP2.
- HAP8 no aporta mucho valor añadido con respecto a un sistema de cuatro sustancias (HAP4). Esto dio lugar a que en la legislación europea se emplee el marcador HAP4 frente al HAP8 (véase el apartado de *Gestión de Riesgos*).

Panel de Contaminantes seleccionó como punto de referencia un <sup>(1)</sup> BMDL10 con los valores de 0.07, 0.17, 0.34 y 0.49 mg / kg p.v. por día para benzo [a] pireno, HAP2, HAP4 y HAP8, respectivamente.

No se consideró científicamente válido un enfoque del factor de equivalencia tóxica (FET) para la caracterización del riesgo debido a la falta de datos de estudios de carcinogenicidad oral para diferentes HAPs, sus modos de acción y la evidencia de una pobre predictividad de la potencia cancerígena de las mezclas de PAH sobre la base de los valores de TEF actualmente propuestos.

En cuanto a la caracterización del riesgo, se utilizó el benzo(a)pireno y los marcadores HAP2, HAP4 y HAP8 con dos objetivos:

- Calcular la **exposición dietética media** de los consumidores (medios y altos) europeos a los HAPs en distintas categorías y subcategorías de alimentos. Los alimentos con mayor contribución de HAPs a esta exposición dietética fueron los cereales y productos a base de cereales, así como el pescado y productos de la pesca.
- Realizar una estimación de los márgenes de exposición (**MOEs**). El Comité Científico de la EFSA declara que un MOE mayor o igual a 10.000 para las sustancias genotóxicas y cancerígenas presenta un nivel bajo de peligro para la salud. Para consumidores altos, tres de los cuatro resultados de los MOEs a los HAPs se encuentran por debajo de lo que se considera un margen de baja preocupación, por lo que no se puede descartar el riesgo.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla II.

Tabla II. Datos de la exposición dietética media a los HAPs y sus correspondientes MOEs en la UE

	Exposición dietética media		MOEs	
	Consumidores medios (ng/kg/día)	Consumidores altos (ng/kg/día)	Consumidores medios (ng/kg/día)	Consumidores altos (ng/kg/día)
<b>Benzo(a)pireno</b>	3,9	6,5	17900	10800
<b>HAP2</b>	10,7	18	15900	9500
<b>HAP4</b>	19,5	34,5	17900	9900
<b>HAP8</b>	28,8	51,3	17000	9600

A día de hoy, EFSA continúa recopilando datos sobre los HAPs para futuras evaluaciones de riesgos. Además, se ha incluido en estos estudios al benzo(c)fluoreno tras sugerirlo el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA).

<sup>1</sup> BMDL es valor inferior del intervalo calculado para el modelo matemático BMD (dosis de referencia) cuyo cálculo está basado en datos experimentales en rangos de baja dosis de exposición a la sustancia, pero que provoca efectos adversos observables en la población. Los valores más usados son la extrapolación al 10% de la población (BMDL 10) y al 5% de la población (BMDL 05). El método de dosis de referencia (BMD), fue originalmente propuesto como una alternativa a la metodología NOAEL y se considera más fiable ya que tiene en cuenta la forma de la curva de dosis-respuesta. Además, la estimación de un límite de confianza de límite inferior de BMD del 95% (BMDL) da como resultado que explica adecuadamente la calidad del estudio (es decir, el tamaño de la muestra). Puede obtenerse más información de la [Guía de BMD de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria \(EFSA\)](#).



## Gestión del riesgo

### LEGISLACIÓN

En base a la información científica proporcionada por la EFSA en su evaluación de riesgos, se modificó la legislación europea en lo que se refiere a:

- **Límites máximos de HAPs en alimentos.**

La fijación de límites máximos en la legislación constituye la medida de gestión del riesgo más eficaz para proteger a la población general de los riesgos alimentarios.

El [Reglamento 835/2011](#) de la Comisión, de 19 de agosto de 2011, modificaba el Reglamento (CE) nº 1881/2006 tomando en consideración la Opinión de EFSA de 2008 al incluir en su *Anexo* niveles máximos para HAP4. Además, se mantuvo el contenido máximo independiente para el benzo(a)pireno, a fin de garantizar la comparabilidad con los datos anteriores y futuros.

En 2015, se publicó el [Reglamento \(UE\) 2015/1933](#) de la Comisión, de 27 de octubre de 2015, que modifica el Reglamento (CE) nº 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la fibra de cacao, las chips de plátano, los complementos alimenticios, las hierbas secas y las especias secas.

En 2020, de acuerdo con los datos presentados EFSA por los Estados miembros, se comprobó que determinados polvos de origen vegetal utilizados para la preparación de bebidas presentan contenidos elevados de HAP debido a unas prácticas de secado inadecuadas, por lo que se considera oportuno establecer límites máximos para esta matriz. Por tanto, se publica el [Reglamento \(UE\) 2020/1255 de la Comisión de 7 de septiembre de 2020](#) por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1881/2006 en lo que respecta al contenido máximo de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la carne y los productos cárnicos ahumados del modo tradicional y en el pescado y los productos de la pesca ahumados del modo tradicional, y se establece un contenido máximo de HAP en los polvos de alimentos de origen vegetal utilizados para la preparación de bebidas, que pueda alcanzarse aplicando buenas prácticas de secado, con el objetivo de garantizar un elevado nivel de protección de la salud humana.

Actualmente, el marco legislativo sobre límites máximos en contaminantes lo establece el [Reglamento \(UE\) 2023/915 de la Comisión de 25 de abril de 2023](#), relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1881/2006, incorporando todas las modificaciones mencionadas sobre HAPs en los distintos alimentos.

- **Métodos de muestreo y análisis de HAPs en alimentos.**

El [Reglamento 333/2007](#) de la Comisión, de 28 de marzo de 2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios, se modificó por el [Reglamento 836/2011](#) para introducir aspectos de muestreo y criterios de rendimiento para los métodos de análisis de HAPs en alimentos.

### CÓDIGO DE PRÁCTICAS

A nivel internacional, en el seno del Codex Alimentarius, en el año 2009 se adoptó el [“Código de prácticas para reducir la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos \(HAP\) en los alimentos producidos por procedimientos de ahumado y secado directo”](#). Este Código de prácticas ofrece información a las autoridades de los países, a la industria e incluso a los consumidores, con el fin de prevenir y reducir la contaminación de los alimentos por HAPs en los procedimientos comerciales citados anteriormente. Con este objetivo, el presente Código de prácticas determina puntos importantes a tener en cuenta y ofrece las recomendaciones permitidas, y



se considera, por tanto, una medida de gestión del riesgo eficaz para ser aplicada durante el proceso de ahumado de los alimentos a nivel industrial y que puede resultar de utilidad a nivel doméstico.

### Más información:

[Excepción de la aplicación de los límites máximos de HAPs en carne y productos cárnicos ahumados al modo tradicional](#)

[Enlace a Legislación HAPs](#)